



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mika Lammintakanen

# MASSIIVIHIRSIRAKENTEISEN PIEN- TALON SUUNNITTELUOHJE

Honkatalot

Tekniikka  
2017

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mika Lammintakanen
Opinnäytetyön nimi	Massiivihirsirakenteisen pientalon suunnitteluohje
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	39 + 40 liitettä
Ohjaaja	Marja Naaranoja

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Honkatalot. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia suunnitteluohjeet massiivihirsirakenteisten pientalon suunnitteluun Honkatalojen suunnitteluohjelmistoille. Työssä käsitellään yrityksen organisatiorakennetta, lähtötietojen hankintaa, rakennesuunnittelua, materiaalilaskentaa sekä alihankintatilauksien tekemistä.

Suunnitteluohjeen tehtävänä on auttaa uusia suunnittelijoita pääsemään alkuun rakennesuunnittelussa, ilman että kokeneempien suunnittelijoiden työpanosta joudutaan liiallisesti käyttämään uusien suunnittelijoiden perehdyttämiseen yrityksen toimintatapoihin ja suunnittelutyökaluihin. Ohje tulee vähentämään suunnittelusta aiheutuvia virheitä tuotannossa, nopeuttamaan yrityksen rakennesuunnittelua ja suunnitelmista saadaan yhdenmukaiset suunnittelijasta riippumatta. Lisäksi ohjetta pystytään päivittämään suunnitteluohjelmistojen kehityksen mukana.

Työ toteutetaan käyttämällä opinnäytetyön tekijän kahdenkymmenen vuoden kokemuksia hirsitalotehtaan toiminnasta ja suunnittelusta. Lisäksi haastatellaan yrityksen suunnitteluosastolla sekä tuotannossa toimivia toimihenkilöitä.

Suunnitteluohjeessa käsitellään yrityksen rakennesuunnitteluun suunnattuja sovelluksia, kuten AutoCAD 2013, Piimega, PupaX5, Hundegger ja erikoissovellukset.

## ABSTRACT

Author	Mika Lammintakanen
Title	Design Guide for a Small Massive Log House
Year	2017
Language	Finnish
Pages	39 + 40 Appendices
Name of Supervisor	Marja Naaranoja

---

This thesis was commissioned by Honkatalot. The aim of the Bachelor's thesis is to draw up planning guidelines for the design of a massive log house for Honkatalot's design software. The thesis deals with the organizational structure of the company, acquisition of initial data, structural design, material calculations and sub-contracting orders.

The purpose of the design guide is to help new designers to get started in structural design, without the need for the work of more experienced designers to work extensively to familiarize new designers with business practices and design tools. The help will reduce the design errors in production, accelerate the company's structural design and make designs consistent regardless of the designer. In addition, the guide can be upgraded with the development of design software.

The work was carried out using the twenty-year experience of the author in the operation and design of the log house factory. In addition, interviews with the company's planning department and staff members in production were conducted.

The design guide addresses the company's structural design applications such as AutoCAD 2013, Piimega, PupaX5, Hundegger and special applications.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT MERKINNÄT, TERMIT JA LYHENTEET .....	6
1 JOHDANTO .....	7
2 HIRSIRAKENTAMINEN .....	9
2.1 Hirsirakentamisen historia .....	9
2.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä .....	12
2.3 Hirsirakentamisen nykymääräykset .....	14
2.4 CE-merkintä .....	15
3 RAKENNESUUNNITTELU .....	19
3.1 Yleistä hirsirakennesuunnittelusta .....	19
3.2 Hirsirakennusten suunnittelussa käytettävät ohjelmistot .....	20
4 SUUNNITTELUJÄRJESTYS .....	23
4.1 Rakennesuunnittelun lähtötiedot .....	23
4.2 Perustuksen mittapiirros ja kuormitukset .....	23
4.3 LogCAD 2014 alkuasetukset .....	24
4.4 Hirsirungon mallintaminen pohjakuvaan .....	24
4.5 Ikkunoiden ja ovien sijoittelu .....	25
4.6 Statiikka .....	25
4.7 Palkkien ja pilarien sijoittelu .....	26
4.8 Stabiliateetti .....	26
4.9 Leikkauskuvat .....	27
4.10 Tasokuvat .....	27
4.11 Detaljit .....	28
4.12 Seinäkuvat .....	28
4.13 Rakennekuvien hyväksyttäminen .....	29
4.14 Hirsitilaus .....	29
5 TUOTANTOKOODIT .....	31
5.1 Hirsikoodin tietojen lukeminen .....	31

5.2	Palkkikoodin tietojen lukeminen .....	32
5.3	Tuotantokoodin tarkistus .....	32
5.4	Tuotantolähteyksen sisältö .....	33
6	MÄÄRÄLASKENTA .....	34
6.1	Ohjelmisto.....	34
6.2	Määrälaskennan perusteet.....	34
7	ALIHANKINTATILAUKSET .....	35
8	SUUNNITELMIEN ARKISTOINTI .....	36
9	YHTEENVETO .....	37
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET.....	39

## KÄYTETYT MERKINNÄT, TERMIT JA LYHENTEET

CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
DWG	CAD-ohjelmien käyttämä tiedostomuoto
AutoCAD	Yleiskäyttöinen tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto
EKP	Hundegger K2i -työstökoneen ohjelmointiohjelma
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
PRE-CUT	Runkorakenteiden esikatkottu valmistusmenetelmä
Salvos	Hirsien nurkkaliitosmenetelmä
Lamellihirsi	Kahdesta tai useammasta kappaleesta liimattu hirsi
Kara	Hirsiaukkojen pystyjäykiste
Massiivihirsi	Vähintään 180 mm paksu hirsi
Piimega	Projektipankki kohteiden hallintaan

# 1 JOHDANTO

Honkatalot on hirsirakenteisia ja pystyrunkoisia puutaloja valmistava perheyritys. Opinnäytetyössä keskitytään massiivihirsirakenteisien pientalojen suunnitteluun. Työssä pyritään selvittämään tärkeimmät lähtötiedot uusien suunnittelijoiden avuksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on laatia kattava suunnitteluohje massiivihirsirakenteiselle pientalolle. Ohjeessa ilmenevät kaikki suunnitteluun liittyvät työvaiheet lähtötietojen keräämisestä lopullisten suunnitelmien tallentamiseen. Ohjeessa perehdytään suunnittelutyökaluina käytettävien ohjelmien ominaisuuksiin sekä yrityksen toimintatapoihin.

Oletuksena suunnitteluohjeen tehokkaalle käytölle on suunnittelijan riittävät perustiedot AutoCAD-ohjelmiston käytöstä. Kyseinen ohjelma on laajassa käytössä rakennusinsinöörien koulutusohjelmissa, joten ohjelman perusteet ovat yleensä kokemattomienkin suunnittelijoiden hallinnassa.

Opinnäytetyön johdannossa esitellään työn tausta ja tavoitteet, sekä yritys jonka käyttöön työ tehdään. Teoriaosuudessa käsitellään opinnäytetyönä tehtävän suunnitteluohjeen taustaa ja hirsirakentamisen historiaa sekä nykyajan vaatimuksia.

Honkatalot on vuonna 1992 perustettu Töysän Ritolassa sijaitseva suomalainen talotehdas. Yrityksen virallinen nimi on Oy Primapoli Ltd. Tuotevalikoimaan kuuluvat modernit hirsitalot, puurunkoiset muovittomat ekopuutalot sekä puupalkkitalot. Vuonna 1998 hirsitalojen tuotannossa otettiin käyttöön Hundegger-erikoistyöstökone, jolla valmistetaan nykyään kaikki hirsitalot sekä pre-cut-puutalot. Vuonna 2001 toimintaa laajennettiin ja tuotevalikoimaan lisättiin myös pre-cut tekniikalla valmistettavat perinteiset puutalot.

Vuonna 2004 Honkatalojen perheyrityksessä tapahtui sukupolvenvaihdos, jossa yrityksen johtoon tulivat veljekset Harri ja Mikko Vainionpää. Harri Vainionpää

toimii yrityksessä toimitusjohtajana. Mikko Vainionpää on vastuussa myynnistä ja tuotekehityksestä.

Yrityksen tärkeimpiä markkina-alueita kotimaan ohella ovat Keski-Eurooppa ja Venäjä. Viennin osuus koko tuotannosta on 50 %. Vuonna 2015 yrityksen brändiä vientimaissa yhtenäistettiin ja otettiin käyttöön vientibrändinä Polar Life Haus.

Vuonna 2016 yrityksen liikevaihto oli 16,2 miljoonaa euroa ja henkilöstömäärä 60 henkilöä.



## 2 HIRSIRAKENTAMINEN

### 2.1 Hirsirakentamisen historia

Hirsirakentaminen on perinteinen puurakentamisen laji. Suomesta löytyy yli 500 vuotta vanhoja hirrestä rakennettuja taloja ja kirkkoja. Vanhimmat arkeologiset löydöt Iijoki-varren Kierikistä kertovat, että jo tuhansia vuosia ennen ajanlaskun alkua suomalaiset ovat tunteneet hirsirakennuksien salvostekniikan kootessaan silloisiin asumuksiin hirsii päällekkäin /1–2/.

Ensimmäiset hirsirakennukset olivat vain kotia, mutta kehittyneemmässä vaiheessa maata vasten salvottiin muutama hirsikerta matalaksi kehikoksi. Tällaiset maavaraiset hirsikodot saattoivat olla jopa useita kymmeniä metrejä pitkiä /2/.

Varhaisimmat hirsirakennusten arkeologiset löydökset ovat ajanlaskumme ensimmäisen vuosituhannen lopulta, eli noin 1000–1500 vuoden takaa. Ahvenanmaalta ja Laatokan alueelta löytyneistä jäännöksistä voidaan hahmottaa rakennuksen keskeltä tulisijan paikka ja sivustoilla eri puolilla olevat ihmisten ja eläinten alueet. Näissä rakennuksissa kattoa kannattelivat pystyssä olevat pylvää, joiden varaan oli nostettu tukipuita. Katemateriaalina toimivat tuohi ja turve /2/.

Kiinteän asutuksen yleistyessä, maanviljelys ja salvosrakenne kulkevat rinnakkain. Kotieläinten pito ja viljan käsittely edellyttivät kunnollisia rakennuksia. Ensimmäiset löydökset varaamalla tehdystä hirsirakennuksesta ovat 1000-luvulta /2/.

Ensimmäiset rauta-aikaiset rakennukset olivat savupirtejä, joissa oli multapenkki, maalattia, savella tiivistetyt hirsiseinät, yksi ovi, pienet luukut ikkunoina ja tuohiturvekatto. Kurkihirren, muutaman katto-orren ja riukujen varaan ladottiin turve ja tuohikate, joka pidettiin paikoillaan yläpuolisella riukukerroksella /2/.

Lämmitys tapahtui kiukaalla, jonka päällyskivet oli tiivistetty savella. Savu kertyi korkean hirsikehikon yläosaan.

Myöhemmin savu johdettiin ulos puisen lakeisen kautta /2/.

Luonnonvaloa huoneeseen tuli savuaukosta. Kahden hirren väliin koverretusta matalasta kiukaasta syntyvä savu pääsi ulos seinässä olevasta räppänästä. Vetoa vähennettiin pingottamalla valoaukkoihin sianrakosta tehty kalvo, jonka läpi ei nähnyt, mutta joka päästi lävitseen valoa. Pimeään aikaan poltettiin päreitä. Savupirtti oli melko yleinen asumismuoto Suomen syrjäseuduilla vielä 1900-luvun alussa /2/.

1500-luvun paikkeilla tulivat Suomeen ensimmäiset savupiipulliset rakennukset ja lasi-ikkunat. Kun savunpoisto tehostui tuli varsinkin kamareista matalampia ja välikatto muuttui tasaiseksi. Perushuoneena pysyi tupa, jossa valmistettiin ruoka, syötiin, tehtiin käsitöitä ja nukuttiin. Tämän rinnalle tuli kuitenkin erillisiä huoneita, esim. isäntäväen makuukamari, vierashuone ja isommissa taloissa sali /2/.

1600-luvulla sali oli jo kaikissa säteritiloissa (verovapaa tila, joka varusti ratsusotilaan armeijaan) ja 1800-luvulla Hämeessä ja Satakunnassa isoissa talonpoikaistaloissa saattoi olla niitä kaksikin /2/.

Kaikkina aikoina on varallisuuden ja tarpeiden mukaan rakennettu eri tarkoitukseen erilaisia tiloja. Vaatimattomissa yksitupaisissa rakennuksissa on ollut vähintään porstua, mutta suuremmissa taloissa lisäksi parikin kamaria. 1600-luvulla yleistyneessä parituvassa on ratkaisu enemmän symmetrinen: perusmallissa taloon tullaan sisälle keskellä olevan porstuan kautta, jonka takana on mahdollisesti pieni porstuakamari. Sisäänkäynnin molemmin puolin ovat isot huoneet, joista toinen oli aluksi kylmä varastohuone, mutta myöhemmin molemmat saattoivat olla lämmitettäviä huoneita. Erikokoisilla taloilla on huoneiden käyttö vaihdellut: vaatimattomalla torpalla on saman katon alla voinut olla tupa ja sauna, kun isossa pohjalaistalossa on ollut kaksi tupaa, kaksi kerrosta ja useita kamareita. Toista tupaa on käytetty puhdetöiden tekemiseen, varastona ja isojen tapahtumien juhlatilana /2/.

Sali oli ensimmäinen huone, joka sai kaakeliuunin. Aluksi ne olivat suoralla ulos vievällä hormilla, mutta 1800-luvun lopulla yleistyi nykyisen kaltainen paloilman

kierrolla varustetut uunit. Hieno kaakeliuuni sai rinnakkaismuodoksi tiilestä tehdyn, mutta rappauspintaisen uunin /2/.

Talontarkastussääntö vuodelta 1681 määräsi, että yhden manttaalin (1600-luvun verotusyksikkö) kokoisilla talonpoikaistiloilla miespihaan kuului tupa kamareineen, isoissa taloissa vierastupa sekä ruoka- ja jauhoaitta, kärryvaja, porttiliiteri ja käymälä. Karjapihaan tuli sijoittaa talli, navetta, lammasnavetta, sikala ja ladot. Saunat ja kuivatushuoneet piti tehdä tulipalovaaran vuoksi kokonaan ydinpihan ulkopuolelle /2/.

Teollisen tuotannon käynnistyttyä Suomessa 1850-luvulla, alettiin uudentyyppisiä hirsirakennuksia valmistaa kaupunki-alueille porvariston tarpeisiin. Rakennusratkaisuna ei ollut enää maalaismainen tupa, vaan enemmänkin karoliinista pohjaratkaisua käyttävä malli, jossa asunnossa oli seurustelutilat, makuutilat ja keittiö. Vuosisadan lopulla rakennustekniikasta tuli haastavampaa ja kansallisromantiikan mukaisesti taloissa oli kiemurtelevia portaita, pitkiä ulokkeita ja torneja. Myös asuinkerroksia tai erilaisia tasoja saatettiin rakentaa useampia /2/.

Varakkaampien porvariin rakennusten rinnalla valmistettiin tehtaiden läheisyyteen työläisille tarkoitettuja kortteleita, jopa isoja kahdeksan perheen hirsirakenteisia kasarmeja, joissa oli yhtä perhettä kohden huone ja keittiö. Yhteiset pesutilat ja vessat sijoitettiin pihan perälle /2/.

Erityyppisiä hirsirunkoisia rakennuksia valmistettiin pitkälle 1900-luvulle, mutta vuosisadan alussa rakennustekniikan kirjallisuus esitteli pystyrunkoisen talon, jossa yleensä 50x100 mm<sup>2</sup> valmistetun rungon eristeenä käytettiin sahanpurua. 1950-luvulla talojen rakentamisohjeissa esiteltiin ensin pystyrunkoinen rakennus, mutta moni rintamamiestalo kuitenkin valmistettiin hirrestä, sillä sen käytöstä oli enemmän kokemusta /2/.

Ensimmäinen teollisesti valmistettu hirsituote oli höylähirsi. Hirren profiili vaihteli valmistajan mukaan ja muotoa kehitettiin paremmaksi kilpailijoiden tuotteisiin verrattuna. Aluksi tuotannossa tehtiin vain hirren höyläminen ja tappireiät sekä nurkkasalvokset lisättiin käsityönä /2/.

Kilpailun kautta tuotteet kehittyivät nopeasti ja 1960-luvulla hirsiprofiilit ja nurkasalvokset olivat lähes nykyäänkin käytössä olevan kaltaisia. Suomalainen teollisesti valmistetun hirsirakennuksen vienti ulkomaille alkoi Brysselissä vuonna 1958, kun suomalainen teollisesti tuotettu saunarakennus esiteltiin maailmannäytelyssä /2/.

Aluksi valmistuksen kehittäessä keskityttiin tuotannon tehostamiseen ja itse hirsi jäi vähemmälle huomiolle. Kun tuotantotekniikat saavuttivat halutun tason, alkoi myös erilaisten hirsien ja hirsirakennuksien nopea kehitys /2/.

## **2.2 Hirsirakentaminen nykypäivänä**

Nykyisin lämmöneristysvaatimukset hirsitaloissa ratkaistaan hirren paksuutta kasvattamalla ja kompensoinnilla muissa rakenneosissa, kuten ikkunoissa, ovissa ja eristevahvuuksissa. Ainoastaan seinän paksuus ei ole määräävä tekijä, vaan rakennuksesta lasketaan kokonaislämmöneristävyys /4/.

Ympäristöministeriö on myöntänyt uusien hirsirunkoisten pientalojen seinärakenteille ja kokonaisenergiankulutukselle omat vertailuarvot, jotka on asetettu hieman muita rakennuksia korkeammalle /4/.

Ministeriön mukaan päätös perustuu hirsirakentamisen vähäisemmälle ympäristön kuormituksella. Myös teollisesti valmistetun hirsirakentamisen tulevaisuus halutaan varmistaa, sillä 210 miljoonan euron liikevaihdollaan kotimainen hirsitaloteollisuus edustaa merkittävän suurta teollisuusalaa, jonka tuotannosta lähes puolet viedään ulkomaille /4/.

Modernin hirren suosio on kasvussa myös omakotitalojen runkomateriaalina. Vuonna 2016 hirsitalojen osuus teollisesti valmistetuista omakotitaloista oli 12 %, kun se vastaavasti kymmenen vuotta aiemmin oli 8 % /4/.

Uusien uudisrakentamista koskevien määräysten suurin muutos on siirtyminen kokonaisenergiatarkasteluun, jossa otetaan huomioon mm. rakennuksen käyttämä energiamuoto. Uudistetut määräykset ohjaavat energian säästämiseen ja kannustavat siirtymistä uusiutuvan energian, kaukolämmön ja mm. varaavan takan käyt-

töön. Lämmitysmuodolla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuden laskennassa vertailuarvona käytettävään E-lukuun /4/.

Nykytekniikalla toteutetuissa ja huolellisesti rakennetuissa hirsirakennuksissa ilmatiiveys on yhtä hyvällä tasolla kuin höyrynsulkumuovisissa runkorakenteisissa taloissa. Parhaimmillaan hirsitaloissa päästään ilmatiiveydessä kiitettäviin arvoihin 0,5–1,5. Hirsitaloista mitatut tiiveysluvut ovat olleet jopa alle passiivirakentamisen vaatimusten eli 0,6 /4/.

Hirsirakennus poikkeaa muista materiaaleista tehdyistä rakennuksista lähinnä vain ulkoseinien rakenteen osalta. Hirsitalossa on paljon puuta, jopa kaksinkertainen määrä normaaliin runkorakenteiseen taloon verrattuna. Puu on tunnetusti ekologisin käytettävissä oleva rakennusmateriaali /4/.

Massiivinen hirsiseinä on rakenteeltaan yksinkertainen ja turvallinen ja sillä on monia hyviä ominaisuuksia. Hirsiseinä ei homehdu, sen ääneneristyskyky on hyvä ja se tasaa sisäilman lämpö- ja kosteustilojen vaihteluja. Tampereen teknillisen yliopiston tekemässä tutkimuksessa hirren massan vaikutus vuotaiseen lämmitysenergiankulutukseen on jopa 5 %. Jäähdytysenergiankulutukseen vaikutus on vielä suurempi, jopa 50 %. Lisäksi ilman koneellista jäähdytystä olevissa taloissa hirren massa alentaa kesäajan maksimilämpötiloja 2–3 asteella /4/.

Kun hirren paksuus on vähintään 180 mm, saavutetaan lämmönläpäisykertoimen vertailuarvovaatimus  $0.40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , jolloin hirsipinnan näkyviin jättäminen kummaltakin puolelta ainakin suurimmassa osassa rakennusta on mahdollista /4/.

Nyky aikaisten hirsitalojen teollinen valmistusprosessi tuottaa energiaksi soveltuvaa puujaetta enemmän kuin valmistuksessa käytetään energiaa. Hirsitaloilla on lisäksi pitkä elinkaari. Oikein rakennettuina ne kestävät hyväkuntoisina jopa satoja vuosia. Hirsitalot sitovat massiiviseen puurakenteeseen paljon hiilidioksidia, mikä vähentää ilmakehän kasvihuonekaasuja. Keskikokoisen hirsitalon nettonielu on noin 40 tonnia hiilidioksidia, joka vastaa keskivertoperheen 20 vuoden autoilun aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä /4/.

Puun ekologisuus on maailmanlaajuisesti tunnettu ja tunnustettu tosiasia. Puun pitkäaikaiskäyttö vaikuttaa suoraan ilman hiilidioksidin määrään silloin kun puu on hankittu kestävän periaatteen mukaisesti hoidetusta metsästä /4/.

Esimerkiksi Ranskassa on ryhdytty konkreettisiin toimiin puun käytön edistämiseksi rakentamisessa. Maaliskuussa 2010 hyväksytty laki velvoittaa puutuotteiden käyttämiseen kaikessa uudisrakentamisessa. Laki on laadittu puun käytön myönteisten ilmastovaikutusten vuoksi /4/.

Rakennuksiin sitoutunut hiilidioksidi lasketaan mukaan Ranskan Kioton pöytäkirjan mukaiseen päästövähennysten tavoitteeseen. Vaadittu puun määrä on suhteutettu talon lattiapinta-alaan ja vähimmäisvaatimus vaihtelee talon käyttötarkoituksen mukaan. Eniten puuta edellytetään käytettäväksi asuinrakennuksissa. Laki edellyttää, että käytetty puu on peräisin kestävästi hoidetuista metsistä /4/.

Tämän päivän tiukat energiatehokkuusmääräykset ovat johtaneet siihen, että pyritään rakentamaan aina vain tiiviimpiä ja energiatehokkaampia taloja, joista ei ole riittävästi kokemusta. Väärien rakenneratkaisujen ja liian tiukkojen tiiviysvaatimusten myötä ovat rakennusten homeongelmat lisääntyneet ja sen myötä ihmisten yliherkkyydet kasvaneet /4/.

### **2.3 Hirsirakentamisen nykymääräykset**

Suomen energiatehokkuusmääräyksissä 2012 hirsirakennukset on jaoteltu käyttötarkoituksen mukaan: asuinpientaloihin ja majoituselinkeinoon käyttöön tarkoitettuihin loma-asuntoihin, yksityisiin loma-asuntoihin, joissa on kokovuotiseen käyttöön suunniteltu lämmitysjärjestelmä, sekä kesäisin käytettäviin perinteisiin loma-asuntoihin /4/.

Uudet määräykset koskettavat edellä mainituista ainoastaan yli 50-neliöisiä lämmitettyjä rakennuksia, joihin on suunniteltu yli 17 asteen lämpötilaa ylläpitävä kokovuotinen lämmitysjärjestelmä /4/.

Hirsirunkoisissa omakotitaloissa ulkoseinän rakennepaksuuden on jatkossakin oltava vähintään 180 mm, jolloin lämpöhäviöiden tasauslaskelmissa käytetään ver-

tailu U-arvoa 0,40 W/(m<sup>2</sup>K). Muilla materiaaleilla vastaava U-arvovaatimus on 0,17 W/(m<sup>2</sup>K). Yksityiseen vapaa-ajan käyttöön rakennettavissa kakkoskodeissa on hirsirakenteen keskimääräisen paksuuden oltava jatkossa vähintään 130 mm /4/.

Suurin osa hirsirunkoisista omakotitaloista rakennetaan tällä hetkellä 200–275 mm hirrestä. Alalla on kehitetty monia hirsien välisten saumojen ja muiden rakenteiden liittymäkohtien tiiveyttä lisääviä teknisiä ratkaisuja. Noin 50 % uusista hirsitaloista lämpiää maalämmöllä, myös varaava takka rakennetaan lähes jokaiseen taloon. Aurinkoenergian käyttöä hirsitalon käyttöveden lämmityksessä esiteltiin Kokkolan asuntomessuilla 2011 /4/.

## 2.4 CE-merkintä

CE-merkintä tuotteessa osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimukset, ja että tuote on läpikäynyt mahdollisesti vaaditut tarkistukset. CE-merkintä on tarkoitettu helpottamaan tavaroiden vapaata liikkumista Euroopan sisämarkkinoilla. Euroopan talousalueella merkintä on pakollinen tietyissä tuoteryhmissä, kuten henkilösuojaimeissa, leluissa, koneissa ja sähkölaitteissa. CE-merkintä tuli ensimmäiseksi EU-maissa käyttöön leluissa vuoden 1990 alusta /3/.

CE-merkintä ei ole laatumerkki (Kuva1). Se voidaan yleensä kiinnittää tuotteeseen ilman puolueettoman osapuolen suorittamaa testausta, vaikkakin merkinnän saa kiinnittää vain niiden tuoteryhmien tuotteisiin, joissa sitä edellytetään /3/.

CE-merkintä näkyy tällä hetkellä mm. seuraavissa tuotteissa:

- lelut,
- koneet,
- sähkölaitteet,
- henkilösuojaimet,
- rakennustuotteet,
- kaasulaitteet,
- telepätelaitteet,



**Kuva 1.** CE-merkintä.

- terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet /3/.

Kirjainyhdistelmä CE tulee ranskankielisestä nimestä Conformité Européenne /6/.

Rakennustuoteasetuksen myötä valtaosalle rakennustuotteita tuli CE-merkintäpakko 1.7.2013 alkaen. Samalla tuli voimaan myös kansallinen tuotehyväksyntälaki ja -asetus, jotka tarjoavat hyväksyntämenettelyitä niille tuotteille, joita CE-merkintäpakko ei koske. Talopakettille on mahdollista hankkia CE-merkki, mutta se ei ole pakollista. Jos talopakettia ei ole CE-merkitty, on käytettävä tuotteita ja materiaaleja, joilla on CE-merkintä tai kansallinen tuotehyväksyntä /5/.

Talopaketti voidaan CE-merkitä kokonaisuutena, mutta se ei ole pakollista. CE-merkityssä talopaketissa yksittäisten tuotteiden ei välttämättä tarvitse olla CE-merkittyjä, sillä talopaketin CE-merkki kattaa myös siinä käytetyt tuotteet ja materiaalit. Talopaketin CE-merkintä osoittaa myös, että tuotteiden yhteensopivuus on varmistettu /5/.

Jos talopakettia ei ole CE-merkitty kokonaisuutena, käytettyjen tuotteiden ja materiaalien on oltava joko CE-merkittyjä tai niillä on oltava kansallinen tuotehyväksyntä. Rakennuksen suunnittelija varmistaa tuotteiden yhteensopivuuden. Aivan kaikilta tuotteilta tuotehyväksyntää ei vaadita. CE-merkintäpakko koskee tuotteita, joille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi. Tuotehyväksyntöjä vaaditaan tuotteilta, joilla on vaikutusta rakennuksen perusvaatimuksiin, joita ovat esimerkiksi rakennuksen lujuus ja vakaus, paloturvallisuus ja energiatehokkuus /5/.

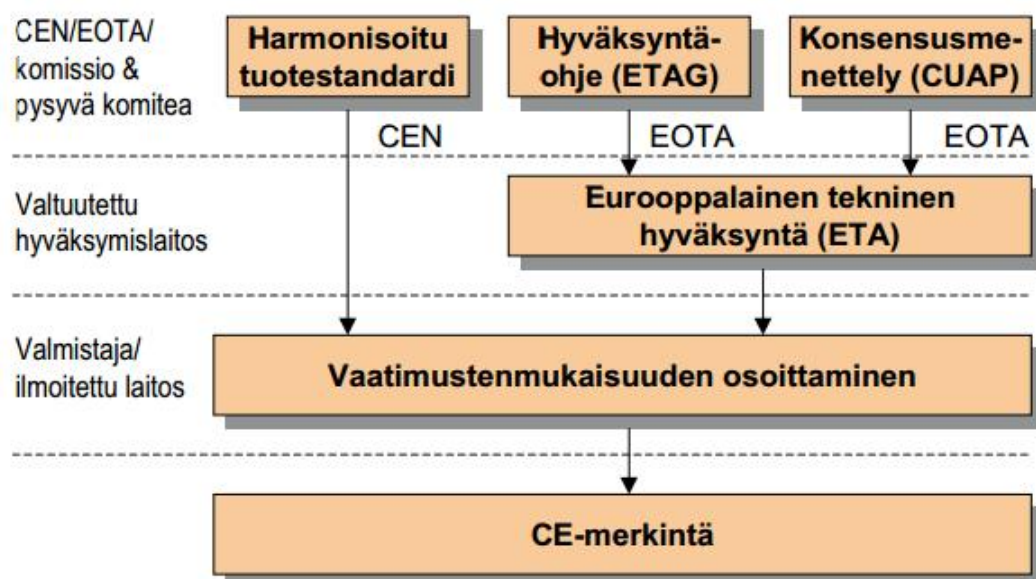
Tuotteessa tai sen pakkauksessa olevan CE-merkin lisäksi tuotteella on oltava suoritustasoilmoitus, jossa ilmoitetaan tuotteen keskeiset ominaisuudet. Rakennustuotteiden valmistajat julkaisevat suoritustasoilmoitukset omilla www-sivuillaan, josta rakennuttaja voi ne hankkia itselleen /5/.

Omakotitalohankkeissa rakennuttajina ovat yksityishenkilöt. Tämän vuoksi Pientaloteollisuus PTT suosittaa, että sen talotehdasjäsenet kokoavat käytettyjen tuotteiden ja materiaalien suoritustasoilmoitukset asiakkailleen sähköisesti, jolloin asiakkaan ei tarvitse hakea niitä eri tuotevalmistajien sivuilta. Käytännössä suoris-

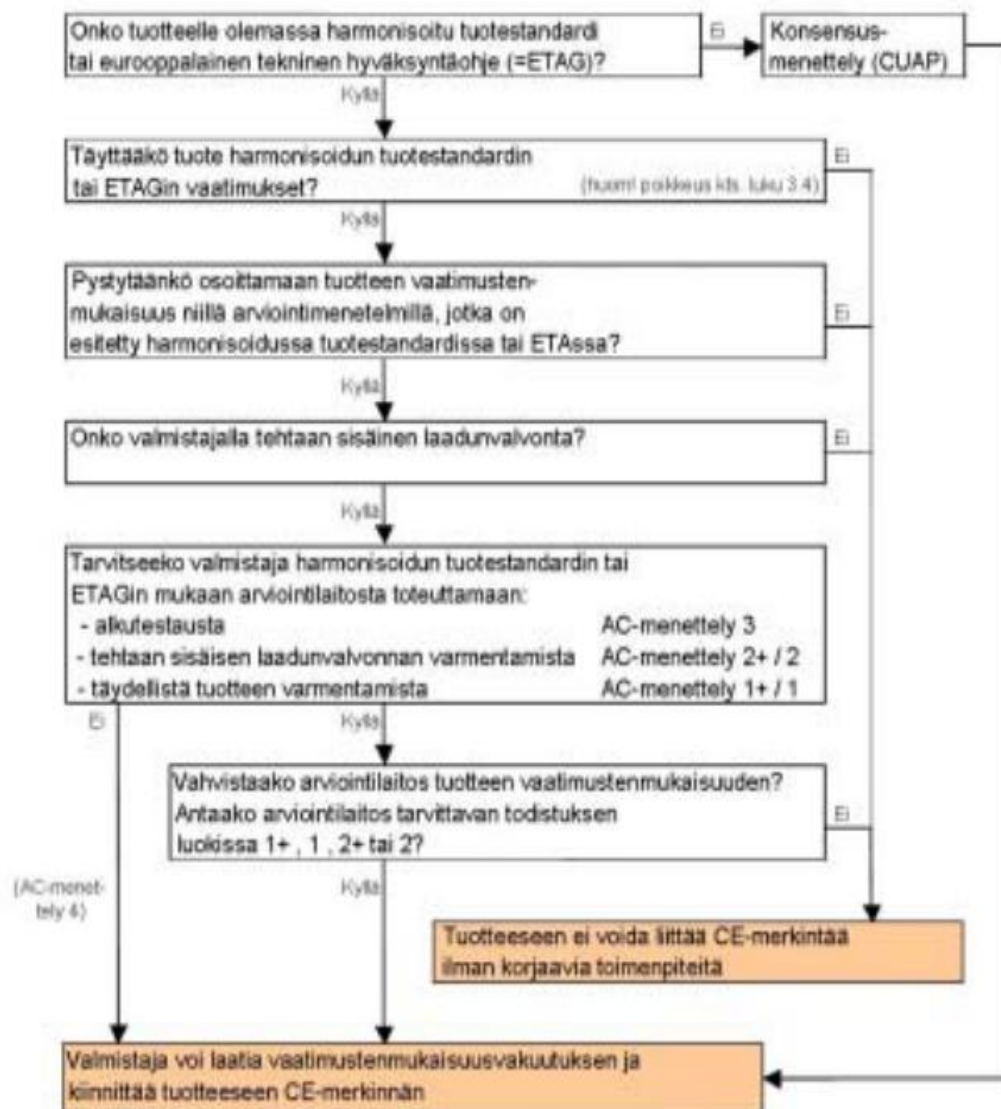


tustasoilmoitukset toimitetaan esimerkiksi sähköpostitse tai ne laitetaan talotetaan omille www-sivuille, josta rakennuttaja voi tallentaa ne helposti talonsa huoltokirjan liitteeksi /5/.

Honkataloille on myönnetty CE-merkintä eurooppalaisen teknisen hyväksynnän ETA-13/0767 mukaiselle hirsitalon rakennussarjalle sekä liimapuulle lujuusluokassa GL32h /7/. Suunnittelijat täyttävät KIT-lomakkeen suunnittelemaastaan kohteestaan ja lähettävät lomakkeen projektipäällikölle. Finotrolli suorittaa CE-tarkastuksia kaksi kertaa vuodessa, jolloin kaikista 1.7.2013 jälkeen toimitetuista kohteista pitää lomake olla täytettynä (Kuva 2–3).



**Kuva 2.** Eurooppalainen rakennustuotteiden hyväksyntäjärjestelmä /8/.



**Kuva 3.** Edellytykset CE-merkinnän käyttämiseksi /8/.

### 3 RAKENNESUUNNITTELU.

#### 3.1 Yleistä hirsirakennesuunnittelusta

Eri rakennusosien liitokset hirsirakenteisessa pientalossa on pyritty standardoimaan eli olisi tarkoitus että kaikki liitokset olisivat samanlaisia riippumatta suunnittelijasta. Opinnäytetyön suunnitteluohjeessa keskitytään lamellihirsien 225–270x203 mm<sup>2</sup> liitoksiin ja rakenteisiin. Kyseiset hirret ovat yleisimpiä käytössä olevia hirsiprofiileja kotimaan tuotannossa. Myös välipohja ja kattorakenteiden liitostavat pyritään työssä saamaan kaikissa kohteissa samanlaisiksi.

Ikkuna ja oviliitoksissa huomioidaan arkkitehtien vaatimukset, mutta näkymättömien liitosdetaljien rakenne pyritään standardoimaan. Siksi suunnitteluohje on hyödyllinen olla kaikkien suunnittelijoiden käytössä, ettei samoja asioita tarvitse miettiä ja ratkaista uudestaan uusissa projekteissa, vaan pystytään nopeuttamaan suunnittelua ja käyttämään jo kerran suunniteltuja ratkaisuja.

Rakennesuunnittelun yhtenäistäminen vähentää mahdollisten suunnitteluvirheiden syntymistä. Tuotannossa suunnitelmien yhteneväisyys mahdollistaa tuotantoerien yhdistämistä, tuotannon suunnittelun tehostamista ja yksinkertaistamista sekä aikataulujen tarkempaa arviointia. Yhtenäiset rakennesuunnitelmat mahdollistavat myös tuotannon ja suunnittelun välisen yhteistyön toimintatapojen ja tekniikoiden tehostamiseksi /9/.

Rakennesuunnittelijoiden käytössä olevia suunnitteluohjelmia kehitetään ja tehostetaan jatkuvasti. Siksi on tärkeää että myös suunnitteluohjeet ovat ajan tasalla ja kaikilla suunnittelijoilla ja tuotannosta vastaavilla henkilöillä on samat ohjeet käytössä /10/.

Nykyisissä hirsisuunnitteluversioissa käytetään 2D- ja 3D-mallinnusta, mutta tulevaisuudessa siirrytään kaikilta osilta 3D-mallinnukseen. 3D-mallinnuksen etuina on rakenteiden ja liitoksien helpompi havainnointi sekä tulosteiden selkeys ja ymmärrettävyys.

Suunnittelussa noudatetaan eurokoodeja EN 1990, EN1991 ja EN1995. Pienet ja tavanomaiset rakennuskohteet voidaan suunnitella noudattaen Puuinfo Oy:n laatimaa puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta.

Rakennesuunnittelun tavoitteena on tuottaa kustannustehokkaita ratkaisuja huomioiden asiakkaan ja arkkitehdin vaatimukset ja tavoitteet. Suunnittelijan on huomioitava ratkaisuissaan myös tuotantotekniset asiat, joilla voidaan vaikuttaa paljon tehtaan toimintaan sekä kokonaiskustannuksiin. Yrityksen valttina markkinoilla on vaikeiden erikoiskohteiden valmistaminen. Erikoiskohteissa on kuitenkin paljon erilaisia yksityiskohtia joiden miettimiseen ja ratkaisuun joudutaan paljon käyttämään aikaa. Nykyään asiakkaat haluavat paljon isoja lasipintoja, joiden liittäminen hirsirakenteisiin on haastavaa ja huonosti suunniteltuna sisältää paljon mahdollisia riskejä rakenteelle esimerkiksi kosteusvuotojen muodossa.

### **3.2 Hirsirakennusten suunnittelussa käytettävät ohjelmistot**

Rakennesuunnittelijoiden käytössä on laaja valikoima erilaisia ohjelmistoja. Ohjelmia kehitetään jatkuvasti ja erilaiset suunnittelua parantavat ehdotukset ilmoitetaan projektipäällikölle. Ohjelmien tekijöiden kanssa pidetään palavereita, joissa kehityksiä mietitään ja tarvittaessa tehdään ohjelmapäivitykset. Päivityksien jälkeen on suunnittelijoiden tarkasti testattava uudistuksien toimivuus ja että on päästy siihen tavoitteeseen, mihin uudistuksella pyrittiin. Suunnittelussa käytetään seuraavia ohjelmia:

#### **AutoCAD 2013**

Suunnittelutoimistojen ja talotehtaiden yleisessä käytössä oleva tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto. Käytetään yleiseen piirtämiseen pääkuvasuunnittelussa sekä rakennesuunnittelussa. Ohjelmistoa kehittää ja julkaisee yhdysvaltalainen Autodesk Inc. Ohjelmiston ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1982 ja nykyään päivitettyjä versioita on saatavilla vuosittain.

### **LogCAD 2014**

AutoCAD 2013 päälle rakennettu laajennussovellus. Käytetään hirsirakenteisten pientalojen suunnitteluun 2D-ympäristössä. Myös 3D-ympäristössä käytettävä versio on osittain jo käytössä.

### **Pre-cut 2011**

AutoCAD 2013 päälle rakennettu laajennussovellus. Käytetään pystyrunkorakenteisten pientalojen suunnitteluun 3D-ympäristössä.

### **Cadwork 19.0**

Saksalaisvalmisteinen 3D-ympäristössä toimiva hirsirakennuksen kattorakenteiden suunnitteluohjelma. Myös runkorakenteiden suunnittelu on mahdollista kyseisellä ohjelmalla. Nykyinen käytössä oleva versio on päivitetty vuonna 2012. Ohjelma korvataan LogCAD 2014 sovelluksella kun 3D-versio otetaan kokonaisuudessaan käyttöön.

### **PupaX5 versio 1.22**

Ohjelmalla ratkaistaan palkkien taivutus- ja leikkausvoimasuureita ja tarkastellaan palkkirakenteita Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden B10 Puurakenteet, B7 Teräsrakenteet, sekä puurakenteita Eurokoodi 5 ja teräsrakenteita Eurokoodi 3 mukaisesti.

### **Finnwood 2.3 SR1**

Ohjelmalla ratkaistaan yksittäisten palkkien ja pilarien taivutus- ja leikkausvoimasuureita ja tarkastellaan palkkirakenteita Eurokoodi 5:n (EN 1995-1-1), sen täydennysosan A1:2008, näiden Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009-suunnitteluohjeen mukaisesti Eurokoodi 5:n mukaisesti.

Materiaalivaihtoehtoina ovat mm. kerto-, liimapuut (Metsä Wood Kuningaspalkit), standardipilarit (Metsä Wood Kuningaspilarit), rakennepuutavarat ja kertoelementit.

## **Dof-Lämpö 2.2**

DOF-Lämpö 2.2 ohjelmalla voidaan arvioida rakenteen lämpö- ja kosteuskäyriä, kondensaatiomäärää, U-arvoa sekä energiankulutusta. U-arvon laskennan voidaan suorittaa myös Euronormien mukaisesti, jolloin tällä on erityisesti merkitystä, mikäli rakenne sisältää kylmäsiltoja.

Ohjelmalla voidaan määritellä mielivaltainen kerroksellinen rakenne, joka voi olla seinä, katto tai lattia. Ohjelmaa käytetään lähinnä pääkuvasuunnittelussa, kun määritellään rakenneosien kerroksia.

## **Piimega**

Ohjelmalla suoritetaan materiaalilaskenta tuotannon ja asennuksen käyttöön. Myös tuotantoraportointi ja kirjanpito tallennetaan ohjelmaan.

## **Tilaus.exe**

Ohjelmalla valmistetaan ikkunatilaukset alihankkijalle.

## **Microsof Excel 97-2003**

Ohjelmalla valmistetaan alihankintatilaukset.

## **Microsoft Word 97-2003**

Ohjelmalla valmistetaan alihankintatilaukset.

## **Hundegger K1 EKP**

Ohjelmalla ohjelmoidaan ja luetaan työstökoodeja rakennuksen kantaville rakenneosille, esim. liimapuille ja precut runko-osille.

## **Hundegger K2i EKP**

Ohjelmalla ohjelmoidaan ja luetaan työstökoodeja rakennuksen hirsiosille.

## **4 SUUNNITTELUJÄRJESTYS.**

### **4.1 Rakennesuunnittelun lähtötiedot**

Rakennesuunnittelu aloitetaan lähtötietojen keräämisellä. Kyseisen suunniteltavan projektin vastaava projektipäällikkö on kerännyt tiedot piimegassa oleviin kansioihin.

Suunnittelun aloituksessa tarvittavat lähtötiedot:

- pääkuvat
- 3D-julkisivut
- hankintasopimus
- tilausvahvistus
- suunnittelutiedot alihankinnoista.

### **4.2 Perustuksen mittapiirros ja kuormitukset**

Suunniteltavaan kohteeseen tehdään perustuksen mittapiirros, jonka perusteella asiakkaan perustussuunnittelija tekee lopulliset perustussuunnitelmat (Liite 1). Piirros tehdään AutoCAD 2013 -ohjelmalla viivapiirtona. Mittapiirroksessa esitetään perustussuunnitelmiin tarvittavat lähtötiedot:

- perustuksien äärimitat huomioiden hirren ylitykset
- peruspilarien keskilinjat
- laattavahvistuksien keskilinjat
- perustuksien ja peruspilarien korot
- terassivasakaaviot
- leikkauskuvat perustusrakenteiden ja hirsikehikon liitoksista
- perustuksille kohdistuvat ominaiskuormat.

Perustussuunnitelmien valmistuttua mittapiirrosta verrataan lopullisiin perustussuunnitelmiin ja mahdolliset poikkeamat selvitetään yhteistyössä projektipäällikön kanssa.

### 4.3 LogCAD 2014 alkuasetukset

Ohjelmaan valitaan suunnittelijakohtainen mallipohja eli template, jossa on vakioidut yleiset alkuasetukset täydennettynä suunnittelijan tiedoilla (Liite 2).

Alkuasetuksiin asetetaan kohteen tiedot:

- asiakkaan nimi ja osoite
- yrityksen tiedot
- suunnittelijan tiedot
- päivämäärä
- tilausnumero
- seinäkuvien alkuvakiot
- hirsiprofiilin tiedot
- aukkojen oletusarvot.

### 4.4 Hirsirungon mallintaminen pohjakuvaan

Hirsiseinän piirto aloitetaan asettamalla seinällä parametrit (Liite 3).

- seinän alimman hirren korkeus
- seinän ala ja yläkorot
- nurkan pituus
- seinän päiden tiedot.

Seinät piirretään pohjakuvassa vastapäivään noudattaen hirsiprofiilin keskilinjaa. Nurkkaliitoksien keskipoikkeamat ja kulmat tarkistetaan ja tarvittaessa muutetaan liitosarvot yhteneväisiksi.

Seinälinjamerkit sijoitetaan osoittamalla pohjakuvan rajat nurkkapisteillä. Linjamerkit sijoitetaan seinäkuvan vasempaan päähän ja katselusuunta on rakennuksen ulkonäkymä. Seinätunnuksina käytetään aakkosia isosta A-kirjaimesta alkaen. Tunnuksien sijoittaminen aloitetaan alimmaisesta vaakaseinästä ylöspäin ja pystysuuntaiset seinät merkitään vaakaseinien jälkeen aloittamalla vasemmalta oikealle. Katon rajat merkitään kahden nurkkapisteen avulla (Liite 4).



Katon leikkaustaso merkitään saranapisteen koordinaateilla ja lappeen kaltevuudella. Päätykolmioiden hirret leikkautuvat automaattisesti poikki annetun leikkaustason mukaisesti. Leikkaustason ja kattolinjan etäisyyttä sekä päätyviisteen muotoa voidaan säätää seinäkuvien alkuvakioissa.

#### **4.5 Ikkunoiden ja ovien sijoittelu**

Hirsirungon pohjakuvaan sijoitetaan ikkunat ja ovet valitsemalla sijoitettavasta ryhmästä haluttu tuote (Liite 5). Komponenttimittana ja litterana käytetään millimetrimitoitusta todellisilla karmimitoilla. Sijoitustapa valitaan tilanteen mukaan, yleensä keskitys pohjakuvaan lisättyjen apuviivojen väliin on nopein ja tarkin tapa.

Sijoittelussa on huomioitava, että sijoitettava karmi osuu hirsiseinän keskilinjalle. Mikäli karmi ja keskilinja eivät leikkaa toisiaan, seinäkuvien nostossa aukkoa ei huomioida. Paras tapa välttää tällainen virhe on käyttää asetuksissa karmileveytenä samaa leveyttä kuin hirrelläkin on. Tuotteen alkuasetuksista siirtyneitä karmitietoja voidaan pohjakuvassa tarvittaessa muokata esimerkiksi koon ja koron tietojen ja muokkaamalla (Liite 6).

#### **4.6 Statiikka**

Rakenteiden statiikka ratkaistaan käyttämällä joko PupaX5 tai Finnwood 2.3 SR1 -ohjelmaa (Liite 7). Suunnittelussa noudatetaan eurokoodeja EN 1990, EN1991 ja EN1995. Pienet ja tavanomaiset rakennuskohteet voidaan suunnitella noudattaen Puuinfo Oy:n laatimaa puurakenteiden lyhennettyä suunnitteluohjetta.

PupaX5 -ohjelmalla voidaan tarkastella tavanomaisia talonrakentamisessa esiintyviä palkkirakenteita ja ohjelman käyttäjältä edellytetään riittävää lujuustekniikan ja käytössä olevien mitoitusnormien tuntemusta. Ohjelma ei käsittele palomitoitusta, vääntöä, yhdistettyä normaalivoima- ja taivutusrasitusta eikä lämpö- ja kosteusvaikutusten mahdollisesti edellyttämiä erityistarkasteluja. Ohjelma on nopea käyttää ja palkin poikkileikkauksen mitoitus tarkastelussa voidaan profiilin lujuusluokat ja mitat vapaasti valita. Myös yleisten teräsprofiilien tarkastelu on mahdollista.

Finnwood 2.3 SR1 -ohjelmalla voidaan tarkastella PupaX5 -ohjelman ominaisuuksien lisäksi pilareita ja reikien vaikutusta palkkeihin. Myös rakenneosan laskenta-asetukset voidaan tarkemmin määritellä. Poikkileikkausprofiilia ei voi vapaasti valita, eikä teräsprofiilien mitoitus ole mahdollista.

Erityisen tärkeää on antaa kuormat oikein. Palkkijako ja kuormitusleveys käsitteet sekä mahdollisten erillispistekuormien suuruus laskettavaa palkkia kohden on aina tarkoin punnittava rakennesysteemin edellyttämällä tavalla.

Jatkuvat kuormat annetaan  $\text{kN/m}^2$  tai  $\text{kN/m}$  ominaiskuormina. Pistekuormat annetaan  $\text{kN}$  ominaiskuormina.

#### **4.7 Palkkien ja pilarien sijoittelu**

Hirsirungon pohjakuvaan sijoitetaan statiikan määrittelemät liimapalkit ja liimapuupilarit (Liite 8). Palkeista ja pilareista määritellään koot sekä korkeussijainti. Korkotietoja voidaan leikkauskuvien suunnittelun jälkeen tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa. Profiilin muuttaminen ei ole mahdollista enää pilarien ja palkkien sijoittelun jälkeen, vaan sijoittelu on tällöin tehtävä uudestaan.

Pohjakuviin kannattaa sijoittaa mahdollisimman paljon palkkeja ja pilareita vaikka ne eivät välttämättä liittyisikään hirsiseiniin. Tällöin voidaan seinäkuvien nostamisen yhteydessä tarkistaa palkkien ja pilareiden korkoja. Sijoittelussa on huomioitava sama periaate kuin ovien ja ikkunoiden sijoittelussa, eli sijoitettavan kappaleen ja hirsiseinän keskilinjojen on leikattava toisensa.

#### **4.8 Stabiliateetti**

Rakennuksen stabiliateettitarkastelussa määritellään rakennuksen ulkopuolisten kuormien mukaiset vaihtoehdot rakennuksen kokonaisjäykistykselle ja valitaan rakennusteknisesti järkevin kokonaisjäykistys. Hirsirunko mitoitetaan jäykäksi levymäiseksi rakenteeksi ja jäykistävät levyrakenteiset väliseinät huomioidaan tarkastelussa. Hirsirungon, väliseinien ja mahdollisten tuulipilareiden kiinnitys ja kuormitukset perustuksiin esitetään detaljikuvin.

Jäykistävien levyrakenteiden väliseinien mitoituksessa käytetään Gyprocin käsikirjan laskentaohjetta. Yleensä väliseiniä ei tarvitse huomioda jäykistäviksi osiksi koska massiivihirsiseinän jäykkyys riittää koko rakennuksen stabiiliteetin tarkasteluun. Jäykistävät väliseinät merkitään pohjakuvaan ja ilmoitetaan levyjen kiinnitysjärjestelmä puurunkoon sekä seinien ankkurointi perustukseen.

#### **4.9 Leikkauskuvat**

Kokonaisrakenteen leikkauskuviissa esitetään pääkuvien perusteella suunniteltu rakennuksen kokonaisleikkaus (Liite 9). Leikkauksessa esitettävät tiedot:

- lattiakorot
- ikkunoiden ja ovien yläkorot
- huonekorkeudet
- katto ja välipohjarakenteen kokonaispaksuus
- kattokaltevuus
- leikkausmerkinnät
- rakennekerrokset.

#### **4.10 Tasokuvat**

Tasokuvat kannattaa suunnitella hirsirungon pohjakuvaan päälle, jolloin pohjakuvaan sijoitetut elementit ovat oikeilla paikoillaan ja samalla voidaan tarkistaa aiemmin tehdyt sijoittelut. Hirsiasennuskaaviossa (Liite 10) esitettävät tiedot:

- rakennuksen ulkomitat
- huonetilat
- pilarit
- seinälinjamerkit
- ovet ja ikkunat litteroineen
- rakennuksen ulkomitat
- leikkausmerkinnät.

Yläpohjan ja välipohjan tasokuvissa (Liite 11) esitettävät tiedot:

- ristikkotunnisteet
- ristikkojako
- päätyrunkojako, mitoitus ja dimensiot
- ristikkokentän kokonaisjäykistys
- hormin sijainti
- palkistodimensiot, kappalenumero ja sijainti
- välipohjapalkiston jako ja dimensiot
- parvekepalkiston jako ja dimensiot
- leikkausmerkinnät.

#### **4.11 Detaljit**

Detaljileikkauksissa esitetään rakennusosien yksityiskohdat (Liite 12). Leikkaukset merkitään numeroinnilla 1 alkaen. Leikkauksissa esitettävät tiedot:

- rakennekerrokset
- leikkausmerkinnät
- rakenteiden tuuletukset
- rakennusosien kiinnitykset ja dimensiot
- aukkorakenteiden kiinnitys ja listoitusrakenteet
- hirsiseinän tiivistys ja liitosmenetelmät.

#### **4.12 Seinäkuvat**

AutoCAD 2013 päälle rakennettu sovellus LogCAD 2014 piirtää seinälinjoista 2D-näkymät pohjakuvaan sijoitettujen parametrien perusteella (Liite 13). Seinäkuvien muodostamisessa määritellään halutut alkuvakiot, kuten mitoistavat, hirsitunnukset ja linjamerkit. Seinäkuvien katselusuunnat on vasemmalta oikealle ja rakennuksen ulkoapäin kuvattuina.

Seinäkuvien muodostamisen jälkeen kuviin lisätään tarvittavat lisätyöstömerkinnät:

- porauslinjat vakioasetuksilla
- hirsirungon tapitusjärjestelmä
- leimapainelevyt ja ruuvaukset
- runkorakenteiden jakokaaviot ja dimensiot
- tarvittavat lisämitoitukset
- palkkien ja pilarien positionumeroinnit
- sähkövaraukset
- kiristyspulttitukset.

Seinäkuvista luodaan layoutit seinälinjoittain (Liite 14). Layouteista tarkistetaan kohteen tiedot ja sijoittelu määritetylle piirustusarkille.

#### **4.13 Rakennekuvien hyväksyttäminen**

Rakennesuunnittelija lähettää rakennekuvatiedoston DWG-muodossa projekti-päällikölle, joka hyväksyttää kuvat asiakkaalla. Yleensä hyväksyntään kannattaa varata aikaa noin viikko. Seinäkuvista voidaan jättää vielä hyväksyntävaiheessa pois piiloon jäävät työstömerkinnät kuten poraukset, jolloin asiakkaan on helpompi ymmärtää kuvia.

Mikäli asiakas haluaa tehdä muutoksia valmiisiin seinäkuviin, kannattaa harkita, onko järkevämpää nostaa ja viimeistellä kuvat uudestaan vai muokata valmiita kuvia. Valmiiden kuvien muokkaamisessa on helposti vaarana tehdä virheitä, koska muutokset yleensä liittyvät useampiin seinärakenteisiin.

#### **4.14 Hirsitilaus**

Hirsiprofiilin tiedot tarkistetaan tilausvahvistuksesta ja piimegan tilaustiedoista tarkistetaan mahdolliset lisätiedot. Ylipitkän hirren pituusmitaksi asetetaan 4500 mm (Liite 15). Aihiotiedoissa ilmoitetaan hirren pintakäsittely ja nurkkaliitosmalli. Hirsien työstövaraksi pituuteen lisätään 70 mm pyöristäen ylöspäin 100 mm tarkkuudella. Pisimpien hirsien kappalemäärään lisätään varahirsiksi 5 % kokonaismäärästä (Liite 16).

Hirsitilaus kannatta tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa vaikka asiakas ei vielä olisikaan hyväksynyt seinäkuvia, koska harvemmin mahdolliset muutokset vaikuttavat hirsimäärään ja pituuksiin korottavasti.

## 5 TUOTANTOKOODIT

### 5.1 Hirsikoodin tietojen lukeminen

LogCAD 2014 valmistaa seinäkuviin sijoitettujen tietojen perusteella työstökoodin hundegger K2i -työstökoneelle (Liite 17). Hirsikappale on esivalmistettu, eli hirren päihin lisätään referenssikatkaisut. Konetietoihin lisätään K2i-työstökoneen konetiedot (Liite 18).

Nurkkasalvoksiin ja tirolinurkkaan määritellään salvosten parametrit silloin kun nurkkaliitosmallina on perinteinen ristinurkka tai tirolinurkka. (Liite 19). Porauksiin määritellään porausten parametrit. Halkaisijana käytetään kaikissa porissa Ø40 mm halkaisijaa. Merkintää ja repimisen estoa ei käytetä (Liite 20).

Karaurien mitat määritellään rakennesuunnittelussa valitun kararakenteen mukaan. Lyhyiden kappaleiden pituusrajat määritellään työstökoodin lukemisen jälkeen, kun selviää onko lyhyiden kappaleiden työstöjen suorittamisessa ongelmia. Terän halkaisijana käytetään 40 mm (Liite 21).

Loveukset ja ikkuna-aukot työstetään sahaura 3 -työstöllä. Alle 200 mm pitkät loveukset työstetään kutterilla (Liite 22). Pontin poistot suoritetaan pyörösahalla (Liite 23). Halkaisut suoritetaan pyörösahalla sahaurana 3. Sisäpuolisella halkaisulla saadaan seinän alimman hirren pontit kokonaan pois. Yli 300mm leveissä hirsissä käytetään molemmin puolista sahausta (Liite 24).

Kevytseinäurien työstämiseen käytetään 0300-koodia (Liite 25). Palkkien liitosasetuksiin lohenpyrstön syvyysrajaksi asetetaan 30 mm. Rajan ylittyessä työstö tehdään taskuna ilman kulmaporausta. Lohenpyrstön uros ja naarastiedoista poistetaan valintaruksit ja pohjavälykset sekä minikorkeudet. Piilokenkätyöstöä ei käytetä (Liite 26).

Viisteiden sahaamiseen käytetään pyörösahahalkaisua sahauralla 3. Alarajan käytetään 100 millimetriä (Liite 27). Pyöreät koristeet ja T- liitokset työstetään valitsemalla ko. ruksit, mikäli työstöjä seinäkuviissa esiintyy. Hirsikoodin lukeminen

käynnistetään työstöasetuksien asettamisen jälkeen valitsemalla työstettävät seinät listalta ja ok valintanapilla (Liite 28).

Tilaustiedot siirtyvät automaattisesti alkuasetuksista. Tuotantoerien rajat asetetaan hirsimäärän mukaan. Ensimmäiseen erään valitaan vain kehikon alimmat hirret ja loput erät valitaan samankokoisiksi jakamalla hirsimäärä  $20 \text{ m}^3$  kokoisiin eriin.

Työstökoodi tallennetaan kohdekansioon kahdeksannumeroisella nimellä ja bvn tunnisteella, joka on työstökoneen tiedostotunniste. Nimen kuusi ensimmäistä numeron ovat kohteen kustannuspaikkanumero ja seitsemän numero työstökoneen numero. Viimeinen numero on hirsikoodin järjestysnumero (Liite 29).

## **5.2 Palkkikoodin tietojen lukeminen**

Cadwork 19.0 -ohjelmalla mallinnetaan lasketun statiikan perusteella rakennuksen kantavat rakenneosat. Kun 3D-ympäristössä käytettävä versio LogCAD 2014 -ohjelmasta otetaan käyttöön, saadaan tuotantokoodit sekä hirsistä että palkkirakenteista samasta ohjelmasta, joka helpottaa suunnittelijan työtä. Tällä hetkellä käytössä on kuitenkin Cadwork 19.0 -ohjelma, joka valmistaa malliin syötettyjen rakenneosien perusteella työstökoodin Hundegger K1 -työstökoneelle (Liite 30).

Palkkirakenteiden profiilien yksinkertaisuuden vuoksi ohjelmassa on vakioasetukset, joita ei tarvitse erikseen säätää. Työstökoodi nimetään samalla periaatteella kuten hirsikoodikin, jolloin seitsemän numero osoittaa käytettävän työstökoneen numeron 1 ja viimeinen numero palkkikoodin järjestysnumeron. EKP- ohjelmasta saadaan lista kappaleista kuten hirsikoodistakin (Liite 31).

## **5.3 Tuotantokoodin tarkistus**

Tuotantokoodista tarkistetaan työstöjen vastaavuus seinäkuviin ja cadwork malliin sijoitettuihin tietoihin. Varahirret lisätään hirsikoodiin kokonaishirsimäärän perusteella. Hirret käännetään ja kierretään hirsiluettelossa vastaamaan seinäkuviin katselusuuntaa, jolloin työstökoneen käyttäjän on helpompi tarkistaa työstöjen oikeellisuutta. Koodista tarkistetaan K2 -ohjelman oikeat asetukset, jolloin työs-



tettävän kappaleen mitoituksen nollapää on vasemmassa päässä ja alaponttireunaa kuvaava sininen viiva osoittaa oikealle.

K1 -työstökoodissa mitoituksen nollapää sijaitsee kappaleen oikeassa päässä (Liite 32). Ohjelma ilmoittaa varoitusmerkein, mikäli työstöissä on huomautettavaa. Varoitukset on käytävä läpi ja työstämistapoja muutettava tarvittaessa. Työstökoneen EKP-ohjelma tekee työstettävistä kappaleista kappaleluettelon tunnusjärjestyksessä (Liite 33).

Hirsien tunnuksen ensimmäinen numero on hirsikerroksen vaakajärjestys, aakko-nen on kyseisen seinän tunnus ja viimeinen numero hirsikerros. Hirsitunnus merkitään tuotantolinjalla valmiin hirren vasempaan päähän ja LogCAD -ohjelman seinäkuviissa on myös vastaava tunnus asentajien käyttöön. Palkkikoodin kappale-numero merkitään tuotantolinjalla valmiin palkin vasempaan päähän ja lisätään rakennekuviin.

#### **5.4 Tuotantolähteyksen sisältö**

Piimegan K2-kansioon tallennetaan hirsikoodi, etulehti, hirsien kappaleluettelo ja seinäkuvat.

Kansioon K1 tallennetaan liimapuiden ja muiden runkorakenteiden työstökoodi, etulehti ja kappaleluettelo.

Etulehdessä ilmoitetaan kohteen nimi, paketointi ja merkintäohjeet, sekä koodin sisältä (Liite 34).

Tuotantopäällikölle ilmoitetaan sähköpostilla, että työstökoodi on tallennettu ja käytettävissä tuotantoon.

## **6 MÄÄRÄLASKENTA**

### **6.1 Ohjelmisto**

Määrälaskenta tehdään Piimega-ohjelmalla. Ohjelmaan on tallennettu tuotetyyp-  
pien perusteella oletetut materiaalapohjat. Määrien syöttämisen jälkeen materiaali-  
lista kuitataan valmiiksi, jolloin tuotannossa nähdään materiaalistan sisältö ja voi-  
daan valmistaa listat tuotantolinjoille (Liite 35). Ohjelma muodostaa laskelman  
perusteella materiaalilistan työmaan ja asiakkaan käyttöön (Liite 36).

### **6.2 Määrälaskennan perusteet**

Ohjelmaan haetaan tuotetyypin perusteella oletusrivit materiaalisällöstä. Materi-  
aaliprofiileissa ja dimensioissa käytetään vain vakiodimensioluettelon mukaisia  
tuotteita. Tilauksen materiaalisältö syötetään nimikeriveille tilausvahvistuksen  
toimitussisällön perusteella.

Määrälaskenta tehdään rakennekuvien perusteella ja syötetään metrimäärinä sisäl-  
täen nimikkeeseen määritellyn hukkaprocentin. Eräsarakeeseen merkitään työ-  
maalla erittäin materiaalien toimitusjärjestys. Lisätietosarakkeeseen voidaan lisätä  
tuotannon tarvitsemia lisätietoja, esimerkiksi jääkö palkki rakenteissa näkyviin  
(Liite 37).

## 7 ALIHANKINTATILAUKSET

Alihankintatilaukset tehdään Piimegan lopussa oleville tilausriveille (Liite 38). Tilaukset täytetään ohjelmaan tallennettuihin tilauspohjiin, joihin on esitänetty eri alihankkijoiden vakiotiedot. Tilaukset tallentuvat automaattisesti ohjelman tietokantaan ja alihankinnat kuitataan tilatuiksi, jolloin ko. tilauspäivämäärä tallentuu.

Alihankkijoina käytetään vuosisopimusluettelon mukaisia valmistajia. Tuotteet valitaan projektipäällikön keräämän suunnittelutietojen ja pääkuvien tietojen perusteella. Rakennuksen toimitusviikko varmistetaan Piimegan tilaustiedoista ja alihankintojen tarve arvioidaan viikon tarkkuudella toimitusviikon mukaan.

Alihankkijan tilausvahvistus tarkistetaan vastaamaan alkuperäistä tilausta ja mahdolliset poikkeukset sopimukseen selvitetään projektipäällikön kanssa. Vahvistus tallennetaan Piimegan tietokantaan ja tilaus kuitataan vahvistetuksi toimitusaikoihin Piimegan tilausriville. Vahvistettu hinta merkitään verottomana hintasarakkeeseen.

## 8 SUUNNITELMIEN ARKISTOINTI

Lopulliset rakennesuunnitelmat tallennetaan piimegan rakennekuvat-kansioon. Tiedosto merkitään asiakkaan nimellä, RAK-tunnisteella ja päivämäärällä. Myös alihankkijoiden suunnitelmat, esimerkiksi ristikkosuunnitelmat ja posi-palkiston suunnitelmat tallennetaan rakennekuvat kansion alikansioon (Liite 39).

Piimega -ohjelma tallentaa automaattisesti lasketun materiaaliluettelon tietokantaan, josta siitä voidaan tehdä Excel -taulukko. Taulukon sisältö voidaan määritellä myös suunnitellun toimituserän perusteella sekä tilauksen toimitettujen ja toimittamattomien materiaalien perusteella (Liite 40).

Piimega -ohjelma tallentaa automaattisesti alihankintatilaukset ja tilausvahvistukset alihankintakansioihin, joista ne myöhemmin voidaan hakea asiakastunnisteella.

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia suunnittelua helpottava ja ohjaava ohjekirja massiivihirsirakenteisen pientalon suunnitteluun. Ohjekirjan pyrin rakentamaan loogiseen järjestykseen vaihe vaiheelta rakennesuunnittelun näkökulmasta, jolloin virheiden mahdollisuutta voidaan pienentää ja suunnittelutyön tehokkuutta kasvat-  
taa.

Suunnittelijoiden palaute ohjeesta on keskusteluissa ollut erittäin kannustava ja motivaatio ohjeen tavoitteiden toteutumiseen tuntuu olevan korkealla.

Suunnitteluohjetta tullaan tulevaisuudessa päivittämään jatkuvasti. Ohjelmien ke-  
hittäminen ja varsinkin 2D-suunnittelun muutos 3D-suunnitteluun tulee vaikutta-  
maan paljon suunnittelutyöhön. Yrityksessä on myös harkinnassa käyttöjärjestel-  
mien osalta muutoksia, joiden mahdolliset vaikutukset ohjeeseen pitää jatkossa  
myös huomioida.

Ohjeen tekeminen oli mielenkiintoista ja antoisaa, koska asioita joutui miettimään  
uudestaan ja miettimään myös olisiko omissa vanhoissa toimintatavoissa jotakin  
muutettavaa, jotta päivittäistä työntekoa saisi tehokkaammaksi. Haastavaa ohjeen  
kirjoittamisessa oli välttää itselle kokemuksen kautta tulleita itsestäänselvyyksiä,  
joiden ymmärtäminen ei välttämättä uusille suunnittelijoille ole helppoa.

## LÄHTEET

- /1/ Puuinfo Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017.  
<http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakenteet/hirsirakentamisen-määritelmiä>
- /2/ Vaaran Aihkitalot Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017.  
<http://www.aihkitalot.fi/etusivu/perinnehirren-edut/hirsirakentamisen-historiaa>
- /3/ Wikipedia. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017. <http://fi.wikipedia.org/wiki/CE-merkintä>
- /4/ Hirsikoti. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017. <http://www.hirsikoti.fi>
- /5/ PTT. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017. <http://www.pientaloteollisuus.fi>
- /6/ Tukes. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017.  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki>
- /7/ Honkatalot. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2017. <http://www.honkatalot.fi>
- /8/ Ympäristöopas. Rakennustuotteiden CE-merkintä rakennustuotedirektiivin mukaisesti. Viitattu 24.2.2017. Helsinki: Edita Prima Oy. 2004
- /9/ Ekola, J. 2017. Tuotantopäällikkö. Honkatalot, Töysä. Haastattelu 28.3.2017.
- /10/ Ala-aho, M. 2017. Suunnittelija. Honkatalot, Töysä. Haastattelu 28.3.2017.

## **LIIITTEET**

Suunnitteluohjeen kuvat.